Der Einfluß der Behandlung der Bodenproben auf die Aufnehmbarkeit der Nährstoffe, untersucht nach der Keimpflanzenmethode von Neubauer.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
einer Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Vereinigten Friedrichs-Universität
Halle-Wittenberg.

Vorgelegt von Paul Hauschild
aus Magdeburg.

1926

Halle (Saale)

Der Einfluß der Behandlung der Bodenproben auf die Aufnehmbarkeit der Nährstoffe, untersucht nach der Keimpflanzenmethode von Neubauer.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
einer Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Vereinigten Friedrichs-Universität
Halle-Wittenberg.

Vorgelegt von Paul Hauschild
aus Magdeburg.

☆

1926

Halle (Saale)

Referent: Prof. Dr. Roemer.
Korreferent: Prof. Dr. Holdefleiß.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Druck von G. Reichardt, Groitzsch (Bez. Leipzig).

Inhalt.

	Seite
I. Einleitung	5
II. Die Methode Neubauer und ihre Handhabung in der vorliegenden Arbeit	5—10
a) Saatgut	
b) Boden	
c) Wachstumsperiode und Ernte	
d) Der chemische Teil	
III. Besprechung der Versuche	10—19
a) Die verwendeten Böden	
b) Die Ergebnisse der Versuche	
c) Besprechung der Ergebnisse und deren Begründung	
VI. Zusammenfassende Betrachtungen	19—21
V. Schlußfolgerungen	22—27
Tabellen 1—11	22—27
Literaturverzeichnis	28

I. Einleitung.

In den nachfolgenden Untersuchungen ist der Einfluß der Behandlung der Bodenproben bis zum Einkeimen auf die Aufnehmbarkeit der Nährstoffe für die Keimlingswurzeln einer genaueren Betrachtung unterzogen. Veranlassung zu der Arbeit gaben die abweichenden Ergebnisse der einzelnen Stationen. Es bestand die Vermutung, daß die Vorbehandlung (Trocknung) die Ursache dieser Fehlergebnisse war. Es ist bestimmt damit zu rechnen, daß der Feuchtigkeitszustand der Böden — Neubauer empfiehlt nur lufttrockenen Boden — immer verschieden ist, und daß die verschiedene Herrichtung der Böden neben der in den Instituten auch sonst verschiedenen Art der Ausübung der Methode die oft beobachteten Unstimmigkeiten bewirkt.

Mit Einführung einer in allen Instituten gleichen Methodik vom Augenblick der Probenahme bis zur beendeten chemischen Analyse würde der Wert dieser Analyse um ein Erhebliches wachsen und eine noch höhere Uebereinstimmung mit Feldversuchen als 80 %, wie es das Hallische Institut[19]) schon erreicht hat, bewirken.

II. Die Methode Neubauer.

Eine kurze Beschreibung des im Institut in Halle üblichen Arbeitsgangs bei der Methode Neubauer, wie schon in der Dissertationsarbeit Koerschens[7]) dargestellt, mit einigen neueren Erfahrungen erscheint zunächst angebracht.

a) Saatgut.

Als Saatgut diente stets Saale-Roggen, Ernte 1925. Diese Landsorte hat den nicht zu unterschätzenden Vorzug einer besonders großen Frohwüchsigkeit im ersten Jugendstadium. Diese Frohwüchsigkeit ist so groß, daß bei den vorgekeimten Körnern wiederholt Körner mit zwei gut entwickelten Kolleoptylen gefunden wurden und auch bei einigen Versuchen 101 Pflanzen von 100 Körnern geerntet sind. Schon bei den Neubauer-Analysen in der Zuckerfabrik Tessin (1924)[6]) waren wir, unabhängig von den Erfahrungen des Instituts, nach einigen Fehlschlägen bei Anwendung von Original Petkuser, Original Brands Marienroggen und beider Absaaten zur Verwendung von Saale-Roggen gekommen. Prof. Opitz[17]) hat für zahlreiche Zuchten die verschiedene Aufnahmefähigkeit für Phosphorsäure und Kali gezeigt. Auch Kruppa[8]), dessen Arbeit nach Abschluß dieser Versuche erschien, hat gefunden, daß die einzelnen Roggenzuchten verschiedene Ergebnisse bei Bodenuntersuchungen zeitigen. Verwendung der gleichen Zucht von gleicher Ernte, wie es für 1926/27 und auch künftig für hiesiges Institut und Dresden auf Anregung von Prof. Roemer[19]) vorgesehen, dürfte die einfachste und sicherste Lösung sein, die hierdurch verursachten Fehlerquellen zu vermeiden.

Die Benutzung des Zähl- und Wägeblechs von Koerschens[7]) erleichtert die wichtige Arbeit des Auszählens und Wägens

der Körner erheblich. Wichtig erscheint dabei, daß die 100 Körner stets in sich in Länge, Form und Dicke ausgeglichen erscheinen, da dann mit geringsten Schwankungen im Kali- und Phosphorsäure-Gehalt der 100 Körner zu rechnen ist und physiologische Unterschiede möglichst beseitigt werden. Die zu erwartenden physiologischen Unterschiede bei Körnern von verschiedenem Gewicht lassen es auch ratsam erscheinen, sich auf ein bestimmtes 100-Korngewicht festzulegen. Bei der vorliegenden Untersuchung betrug das 100-Korngewicht stets 4,2 g, bei den Untersuchungen des Instituts 3,8 g. Innerhalb dieser Grenzen ist zwar ein Unterschied im Kali- und Phosphorsäuregehalt festzustellen, jedoch nur im Verhältnis des Unterschiedes des 100-Korngewichts.

So ergab der gefundene blinde Wert:

	Gefunden mg K_2O beim Korngewicht		Umgerechnet von 3,8 auf 4,2 mg K_2O	Gefunden mg P_2O_5 beim Korngewicht		Umgerechnet von 3,8 auf 4,2 mg P_2O_5
	3,8 g	4,2 g		3,8 g	4,2 g	
Januar	21,78	24,05	24,06	27,08	29,89	29,92
Februar	21,69	26,72	24,00	27,74	30,03	30,66
März	21,51	22,59	23,77	27,08	29,35	29,92

Die Schwankungen entsprechen also innerhalb der Fehlergrenzen der Gewichtsveränderung im 100-Korngewicht. Auch in der Zuckerfabrik Tessin, wo wir, wie üblich, ohne Zählblech arbeiteten, konnten wir physiologisch begründete Schwankungen im Phosphorsäure- und Kali-Gehalt bei den einzelnen Parallelen der Analysen nicht feststellen, da wir dort mit 100-Korngewichten zwischen 3,7 bis 4,4 g arbeiteten. Sobald jedoch eine bestimmte Grenze 100-Korngewicht unterschritten wird, ist infolge Minderung der Keim- und vor allem Triebkraft mit physiologisch begründeten Unterschieden der Nährstoffaufnahme zu rechnen. Neubauer[16]) selber gibt als untere Grenze ein 100-Korngewicht von 3,6 g an. Wenn daher Kruppa[8]) in seinen Versuchen mit einem 100-Korngewicht schwankend zwischen 3,095 g und 3,366 g arbeitet, so sind seine hohen wahrscheinlichen Fehler, mit denen er in seiner Arbeit rechnet, schon mit dem verschiedenen eigenen Nährstoff-Gehalt der 100 Körner zu erklären. Er gibt für 1 g trockene Körner nach blinden Versuchen Schwankungen an zwischen 6,59 mg und 7,27 mg Phosphorsäure und zwischen 6,12 mg und 6,52 mg Kali. Zu diesen hohen Schwankungen, die damit zu erklären sind, daß kleine Körner einen verhältnismäßig hohen Kali- und Phosphorsäuregehalt zeigen, treten bei diesem geringen 100-Korngewicht noch die Schwankungen durch die physiologisch verschiedene Aufnahmefähigkeit der Wurzeln aus den Böden hinzu. Während der Zusammenstellung dieser Arbeit erschien eine Arbeit von M. v. Wrangell[27]) mit typischen Zahlen für die physiologisch verschiedene Aufnahmefähigkeit bei verschiedenen Körnergewichten.

Die Ergebnisse ihrer Versuche, die teilweise mit hiesigem Saatgut angestellt sind, lasse ich hier folgen:

	mg P_2O_5 in der geernteten Pflanzensubstanz		mg P_2O_5-Entzug aus dem Boden	
	Saatgut Halle 100-Korngewicht 4,0 g	Saatgut Schwarzwald, 100 Korngewicht 3,2 g	durch Saatgut Halle	durch Saatgut Schwarzwald
Gartenboden	58,83 55,93 55,76 55,45 60,03 59,50 57,25 ± 0,76	39,74 44,09 48,55 44,12 ± 1,8	26,85 ± 0,76	13,28 ± 1,8
Lehmackerkrume	37,22 37,77 38,47 37,57 35,27 38,08 37,39 ± 0,29	27,23 31,72 24,77 27,90 ± 1,5	6,99 ± 0,29	0 ± 1,5
Lehmiger Sandboden	39,20 40,64 40,78 41,74 37,63 38,78 39,79 ± 0,48	29,58 32,32 30,70 30,86 ± 0,58	9,39 ± 0,47	2,02 ± 0,58

Die Zahlen in der Kruppaschen Arbeit sind wegen des niedrigen 100-Korngewichts daher mit großer Vorsicht zu betrachten, zumal er in einem Versuch bei einem Mittel von zwei Parallelen den wahrscheinlichen Fehler — natürlich eine mathematische Unmöglichkeit — von ± 1,18 bei 3,8 mg P_2O_5 angibt, das sind Schwankungen von mehr als 50%.

Vorheriges Abwiegen großer Serien von 100 Körnern zwecks Beibehaltung gleichen H_2O-Gehalts, wie Neubauer[16]) und Engels und Hirschberger[5]) es anregen, ist zu empfehlen. Am 1. 12. 1925 ausgesuchte und auf 4,208 g abgewogene 100 Körner, die in Papiertüten aufbewahrt wurden, hatten am 10. 1. 1926 nur noch ein Gewicht von 4,147 g. Das ist ein Gewichtsverlust von 1,5% und eine entsprechende Phosphorsäure- und Kali-Zunahme bei 100 Körnern, die später auf 4,200 g ausgesucht werden. Ein bis zwei Tage vor dem beabsichtigten Ansetzen der Gefäße wurden die 100 Körner mit einer Lösung von 0,125% Uspulun 30 Minuten gebeizt. Da bei dem nun folgenden 24- bis 48stündigen Vorkeimen der Körner eine schädigende Nachwirkung der Quecksilbersalze befürchtet wurde, wurden die Körner mit destilliertem Wasser abgespült und dann zwischen dem Filterpapier in Petrischalen vorgekeimt. Eine möglichst hohe Keimfähigkeit des Korns

ist hierbei zu erstreben. Ernten zwischen 93 bis 100 Pflanzen beeinflussen das Ergebnis in keiner Weise, wie die vorliegende Arbeit zeigt.

b) Boden.

Um die auswärts genommenen Bodenproben noch feucht und frisch ins Institut zu schaffen, wurden sie in weithalsigen Glasflaschen mit eingeschliffenem Stöpsel befördert. Soweit es für diese Arbeit erforderlich war, wurde ein Teil des Bodens noch feucht gesiebt und sofort angesetzt; das war im allgemeinen bei 11 bis 13% Wassergehalt möglich. Ein weiterer Teil kam noch feucht in die Trockenschränke und wurde bei Temperaturen von 40°, 80° und 115 bis 120° getrocknet. Ein dritter Teil wurde in hellen, luftigen Räumen auf Papier getrocknet. Der Boden blieb dort bei Zimmertemperatur zwischen 16—20° solange liegen, bis er lufttrocken war, d. h. bis er sich zerkrümeln ließ, ohne zu schmieren. Danach erfolgte das Zerreiben der einzelnen Proben in Porzellanmörser. Eiserne, überhaupt Metallgeräte lassen Beeinflussung befürchten. Sämtliche Bodenproben wurden beim Einwiegen in die Neubauerschalen auf absolut trockenen Boden berechnet.

Das Ansetzen des Bodens in den Gefäßen und das Vermischen mit Hohenbockaer Glassand und destilliertem Wasser beschreibt Koerschens[7]) ausführlich.

Zu erwähnen für vorliegende Arbeit ist nur noch, daß den feuchten Bodenproben sofort nach dem Mischen mit Sand das Wasser zugesetzt wurde, um den Bakterien und Kolloiden möglichst gleiche Existenzbedingungen zu erhalten. Nach Vogel[23]) tritt beim Austrocknen des Bodens eine Stimulierung der Bakterien und damit erhöhte Salpeterbildung ein; ferner werden die Kolloide ausgetrocknet bleiben zum großen Teil irreversibel [Ehrenberg[4])]. Selbstverständlich wurde der Wasser-Gehalt des feuchten Bodens bei dieser Arbeit von der üblich zugesetzten Menge von 56 ccm abgezogen. Hiesiges Institut verwendet 56 ccm dest. Wasser, d. s. 16%, Neubauer[15]) dagegen 80 ccm Wasser, das sind 20% der Gewichtsmenge des Bodens. Er bezeichnet aber diese Menge als willkürlich und findet — wie auch Kruppa[8]) — verschiedene Ergebnisse bei wechselnder Menge H_2O. M. v. Wrangell[27]) findet steigende Phosphorsäure-Mengen im Boden bei Anwendung von steigenden Wasser-Mengen beim Auswaschen.

c) Wachsperiode und Ernte.

Als Keimraum zum Ansetzen der Gefäße diente in Halle ein Gewächshaus, in das von 3 Seiten Licht einfällt, und das von den Laboratoriumsräumen abgeschlossen ist. In Laboratoriumsräumen, überhaupt Räumen mit Gasbeleuchtung, treten infolge der sich bei dem Brennen des Gases bildenden SO_2-Dämpfe physiologische Schädigungen des Wachstums auf, die sich im Weißwerden der Blattspitzen usw. zeigen. Waren die Neubauerschalen fertig angesetzt und mit Körnern angekeimt, so wurden die Schalen ge-

wogen und mit einem Glasdeckel zugedeckt. Erschienen am zweiten Tag die Spitzen der Keimlinge, so wurden die Töpfe, um die mögliche Fehlerquelle des Lichtes auszuschalten, zweimal am Tage gedreht und ihr Standort untereinander ausgetauscht.

Wießmann[24]), hat in seinen Untersuchungen Zahlen gefunden, nach denen er der „Stärke der Belichtung einen großen Einfluß auf das Wachstum und die Nährstoffaufnahme der Pflanzen" besonders an Kali zuschreibt. Jedoch glaubt er, daß beim Neubauer-Verfahren durch die große Zahl Pflanzen und die geringe Bodenmenge „vielleicht" ein „Ausgleich des Lichteinflusses" stattfindet. Neubauer[16]) und Kruppa[8]), letzterer aber wieder mit sehr hohen wahrscheinlichen Fehlern, schreiben dem Licht keinen Einfluß auf die Aufnahme zu. Trotzdem ist es zur Vermeidung der Fehlerquelle ratsam, ein Drehen und Umsetzen der Töpfe täglich vorzunehmen, schon um dem durch Heliotropismus bewirkten Ueberhängen der Pflanzen nach einer Seite vorzubeugen.

Nach 4 Tagen erreichen die Blattspitzen den Glasdeckel, der nun entfernt wird. Täglich werden durch tropfenweise Verteilung von destilliertem Wasser die Töpfe auf Anfangsgewicht gebracht.

Es ist hierbei deutlich zu beobachten, welchen günstigen Einfluß der Nährstoffbestand der Böden gegenüber dem reinen Glassand schon in diesem frühen Jugendstadium ausübt. Die Deckel bei den blinden Versuchen werden 1—2 Tage später von den Keimlingsspitzen erreicht.

Auf Unterschiede innerhalb der verschieden behandelten Proben dieser Arbeit wird bei der Besprechung der Versuche eingegangen werden.

d) Der chemische Teil.

Nach Roemer[20]), erfolgte die Einerntung der Keimpflanzen nach 14tägigem Wachstum. Selbstverständlich gilt diese Zeit nur bei guter, konstanter Gewächshaus-Temperatur von 16—20° Celsius. Andernfalls wird geerntet, sobald die ersten Mangelerscheinungen — wie normal nach 14 Tagen — eintreten, die sich in einem Knicken der Blätter infolge Kalimangels bemerkbar machen. Ernte, Veraschung und dann folgende chemische Analyse erfolgte in der in Halle üblichen Weise, wie sie von Koerschens[7]) ausführlich beschrieben wurde, auf Phosphorsäure nach der von Lorenz'schen Methode[10]), und auf Kali nach Mitscherlichs Verfahren, modifiziert von Christensen[2]).

III. Besprechung der Versuche.

Bei der nun folgenden Versuchsbesprechung geben alle Tabellen, im Text und im Anhang, das Mittel aus 5 Wiederholungen an. Als Maßstab für die Zuverlässigkeit der Versuche ist nach Roemer[18]) der mittlere Fehler des Mittels angegeben, nicht der wahrscheinliche, der sich aber aus dem mittleren Fehler leicht durch Multiplikation mit 0,6745 errechnen läßt. Benutzt wurden für die Berechnungen die Tabellen von Zöller[28]).

Die Versuche wurden mit neun Böden aus verschiedenen Teilen Deutschlands, verschieden in Kultur und Struktur, angeführt.

a) Die verwendeten Böden.

Boden I ist ein leichter Boden vom Versuchsfeld des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Halle, Maisklima. Vorfrucht 1925: Kartoffeln. Diese Parzelle weist lufttrocken den außerordentlich guten Gehalt von 13,96 mg Phosphorsäure und 53,55 mg Kali auf, hat eine pH-Zahl von 7,2 des ungekochten und 7,3 des gekochten KCl-Auszuges.

Boden II ist ein mittlerer Boden, gleichfalls vom Versuchsfeld. Vorfrucht 1925: Gründüngung. pH-Zahl ist 6,6 ungekocht und 6,9 gekocht. Nährstoffgehalt des lufttrockenen Bodens ist 6,06 mg Phosphorsäure und 17,39 mg Kali.

Boden III ist ein schwerer, kalter Tonboden aus Passendorf bei Halle. Gartenland, mit einer pH-Zahl von 7,2 des ungekochten und 7,2 des gekochten Auszugs. Nährstoffgehalt des lufttrockenen Bodens ist 10,1 mg Phosphorsäure und 58,43 mg Kali.

Boden IV und V ist eine im November 1924 schon von Koerschens genommene Probe der ungedüngten Parzelle des ewigen Roggenbaues, die seitdem lufttrocken im Laboratorium steht. Sie zeigt eine pH-Zahl von 6,5 des ungekochten und 6,9 des gekochten KCl-Auszugs und einen Nährstoffgehalt von 2,78 mg Kali. Verwendung fand diese Bodenprobe, um festzustellen, ob durch die lange lufttrockene Aufbewahrung eine Aenderung im Verhalten des Bodens gegenüber der Trocknung bei verschiedenen Temperaturen eingetreten war. Ferner wurde der Einfluß verschiedener Trocknungszeit auf die Aufnehmbarkeit der Nährstoffe hierbei untersucht.

Boden VI ist ein Bördeboden in bester Kultur. Vorfrucht 1925: Kartoffeln. Der Boden zeigt 7,5 pH des ungekochten und 7,6 pH des gekochten KCl-Auszugs und lufttrocken einen Nährstoffgehalt von 6,52 mg Phosphorsäure und 35,17 mg Kali.

Boden VII ist ein leichter Sandboden des Flämings aus Möser, Bezirk Magdeburg. Vorfrucht 1925: Kartoffeln. Die pH-Zahl liegt offensichtlich unter 4,5. Der Nährstoffgehalt des lufttrockenen Bodens ist minus 0,25 mg Phosphorsäure und plus 13,39 mg Kali. Der negative Phosphorsäuregehalt ist dadurch zu erklären, daß im Boden tatsächlich von den Keimlingen keine aufnehmbare Phosphorsäure vorgefunden wird, und daß beim Auswaschen auch Nährstoffe mit Wurzelteilchen kleine Mengen der von diesen aufgenommenen Phosphorsäure verloren gehen. Außerdem tritt wahrscheinlich auch eine kleine Rückwanderung der Nährstoffe aus dem Korn in den Boden in Erscheinung.

Boden VIII ist schwerster Lehmboden aus Hermsdorf (Katzbach) in Schlesien mit 5,1 pH des ungekochten und 5,9 pH des gekochten KCl-Auszuges, einem Phosphorsäuregehalt von 3,59 mg und einem Kaligehalt von 40,29 mg des lufttrockenen Bodens.

Boden IX ist ein humoser Sandboden in guter Kultur, der infolge der hohen Schweinehaltung der Wirtschaft und der Berieselung eines Teils der Aecker — selber aber Naturboden — große Gaben an Stalldung erhält. Vorfrucht 1925: Kartoffeln. Der lufttrockene Boden zeigt eine pH-Zahl von 4,7 des ungekochten und des gekochten KCl-Auszuges und einen Nährstoffgehalt von 4,81 mg Phosphorsäure und 17,96 mg Kali.

b) Die Ergebnisse der Versuche.

Die Tabellen 1 bis 9 des Anhanges bringen die Versuchsergebnisse von je einem Boden, Tabelle 10 zeigt an, welche Steigerung bezw. Minderung in dem Nährstoffgehalt bei den Böden

durch die Trocknung bei verschiedenen Temperaturen gegenüber lufttrockenem Boden eintritt. In Tabelle 11 sind die pH-Zahlen der Böden nach den verschiedenen Trocknungen verzeichnet, bestimmt nach der kolorimetrischen Hasenbäumer - Methode, modifiziert nach Dirks[8]), der die „physiologische Bodenreaktion" hierbei berücksichtigt. Nach dieser Methode lassen verschiedene der verwendeten Böden deutlich das Vorhandensein von humussaurem Kalk erkennen, der infolge des Wahlvermögens der Pflanzenwurzeln auf die Pflanzen im Feldbestand alkalische Wirkungen und Schädigungen hervorrufen kann, der aber im ungekochten KCl-Auszug nicht reagiert, so daß der Boden event., besonders bei zeolitharmen Böden, nach Hasenbäumer noch sauer erscheint. Erst nach dem Kochen des Auszugs wird der Kalk infolge Koagulation der Kolloide reaktionsfähig. Der gekochte KCl-Auszug zeigt daher bei Vorhandensein von physiologisch alkalisch wirksamem Kalkhumat eine geringere H·-Konzentration als der ungekochte Auszug. Diese Erscheinung ist besonders deutlich bei den zeolitharmen Böden II, IV und V, deren Konzentration zwischen 6 bis 7 pH liegt, aber auch bei schweren Böden, so dem schweren schlesischen Boden, der eine pH-Zahl von 5,1 ungekocht und 5,9 gekocht zeigt, zu erkennen. Bei diesem Boden gerade ist die starke Spannung zwischen gekocht und ungekocht ein Zeichen für die starken Schädigungen der Zeolithe durch die vorhandene Bodensäure. Auch bei der Nährstoffaufnahme der Keimpflanzen auf diesem Boden treten die Säureschädigungen stark in Erscheinung. Infolge der durch die Säure zerstörten Zeolithe verhält er sich völlig wie ein zeolitharmer Boden.

Eine auffallende Erscheinung ist ferner das Steigen der pH-Konzentration durch Trocknen der Böden bis zu 120°. Auffallenderweise tritt dieses besonders bei den Böden hervor, deren pH-Zahlen über 7,0 liegen, die also alkalisch sind. Gerade die leichten Böden zeigen das stärkste Steigen der H·-Konzentration bei Trocknung, so der Boden I von 7,3 pH auf 6,5, Boden III von 7,5 auf 7,2, Boden VI von 7,6 auf 7,3. Dieses Steigen der H·-Konzentration tritt um so weniger in Erscheinung, je größer die Konzentration, d. h. je saurer der Boden schon ist, um schließlich bei dem Boden aus Möser (Boden VI) mit stärkerer Konzentration als 4,5 pH durch Trocknen selbst bei 120° nicht weiter zu steigen. Auch der schwere schlesische Boden zeigt dieses Steigen der H·-Konzentration trotz seiner schon sauren Reaktion von 5,9 auf 5,4 pH beim gekochten KCl-Auszug nach Trocknung bei 120°. Die schon starke Konzentration des ungekochten KCl-Auszugs bleibt hier auf 5,1 pH bestehen.

Sehr unterschiedlich war der Stand der Keimpflanzen auf den verschiedenen und verschieden getrockneten Böden. Der bessere Stand wurde auf den feuchten Böden erwartet, d. h. den Böden, die ohne lufttrocken geworden zu sein, gesiebt und frisch angesetzt waren, in denen also die Bakterien noch in voller Lebenstätigkeit, die Kolloide mithin zwar gefällt, aber noch reversibel

waren. Der Boden befand sich also noch in gequollener Struktur. Der getrocknete Boden war nach dem Ansetzen nicht gequollen, sondern gesetzt und zeigte bedeutend größeres Volumengewicht, da ein großer Teil der bei Trocknung des Bodens gefällten Kolloide nach Ehrenberg[4]) und nach Mitscherlich[12]) irreversibel ist. Dies trat auch deutlich beim Auswaschen der Wurzeln in Erscheinung. Der feucht angesetzte Boden war noch immer locker und gequollen. Er ließ sich leicht auswaschen. Der trocken angesetzte Boden war gesetzt und die einzelnen Teile fest mit den Wurzeln verklebt.

Die Roggenkeimlinge standen aber bei den Böden I—VI bei weitem am schlechtesten auf den feucht angesetzten Versuchen. Sie standen nur um weniges besser als auf den zugehörigen blinden Versuchen, und ihre Keimspitzen erreichten auch erst kurz vor denen der blinden Versuche die Glasdeckel. Bei den sauren Böden VII—IX war makroskopisch ein Unterschied zwischen feuchten und getrockneten Böden am Stand der Keimlingspflanzen nicht zu erkennen und auch im Volumengewicht, mindestens der leichten Böden, waren keine Unterschiede zu bemerken. Die Pflanzen auf den bei 80° getrockneten Böden I—IV zeigten deutlich besseres Wachstum und breitere, dunklere Blätter als die auf den bei 40° getrockneten, diese standen wieder besser als die auf den nur lufttrockenen Bodenproben. Zwischen den bei 80 und 120° getrockneten Böden war kein Unterschied im Keimlingsbestand auf den Versuchen des Bodens I, aber auch der Böden III, IV, V und VI, also gerade der Böden, die nach Tabelle 12 alkalische bezw. schwachsaure Reaktion aufweisen.

Die Ernteergebnisse fielen völlig entsprechend der Beobachtung während der Vegetationszeit aus (siehe Tabelle 1—11).

Wir sehen, daß der Boden I, lufttrocken angesetzt, 13,96 mg wurzellösliche Phosphorsäure enthält. Feucht angesetzt, zeigt er 2,36 mg Phosphorsäure weniger. Bei Trocknung bei 40° aber steigt der Phosphorsäuregehalt um 4,39 mg, bei Trocknung bei 80° um 6,56 mg pflanzenaufnehmbare Phosphorsäure gegenüber dem Phosphorsäuregehalt des lufttrockenen Bodens. Bei den bei 120° getrockneten Böden I, II und VI tritt eine innerhalb der Fehlergrenzen liegende Senkung, bei den bei 120° getrockneten Böden III, IV und V eine innerhalb der Fehlergrenzen liegende Hebung des Gehaltes an pflanzenaufnehmbarer Phosphorsäure ein gegenüber dem Gehalt der bei 80° getrockneten Böden. Auch bei den sehr sauren Böden VII, VIII und IX, vor allem letzteren, machen wir die gleiche Beobachtung für den Gehalt an Phosphorsäure der bei 80° getrockneten Bodenproben. Die Ergebnisse aus den Versuchen mit dem Boden VII liegen allerdings z. T. gerade innerhalb, z. T. außerhalb der Fehlergrenze. Sie können daher kaum zu Schlüssen herangezogen werden, zumal der lufttrockene Boden einen negativen Phosphorsäuregehalt aufweist, wofür eine mögliche Erklärung schon beigebracht wurde. Auffallend aber ist bei dem sauren Boden die enorme Steigerung der Phosphorsäureaufnahme aus den bei 80° getrockneten Proben gegenüber der Aufnahme aus den lufttrockenen Bodenproben, die auch hier wie beim Boden I 50% Mehraufnahme zeigen.

Aehnlich wie für Phosphorsäure liegen die Verhältnisse für Kali. Zwar treten hier die Mehraufnahmen an Kali aus den getrockneten Proben prozentual nicht derart in Erscheinung, da die lufttrockenen Böden schon einen hohen Kaligehalt zeigen. Absolut sind diese Mehraufnahmen aber doch recht beträchtlich. So hat der lufttrockene Boden I einen Gehalt von 53,55 mg Kali, der sich bei dem feuchten Boden um 1,28 mg verringert, aber bei der bei 120° getrockneten Probe um 8,79 mg steigt. Aehnliche Steigerung des Gehaltes an pflanzenaufnehmbarem Kali sehen wir auch bei den Böden I—VI nach der Trocknung. Im allgemeinen erfolgt die höchste Aufnahme von Kali durch die Pflanzen erst aus den Bodenproben, die bei 120° getrocknet sind. Sie weist aber nur geringe innerhalb der Fehlerquelle liegende Unterschiede auf, gegenüber der Aufnahme aus den bei 80° getrockneten Proben. Einmal (Boden VI) erfolgt auch die Kalihöchstaufnahme aus der bei 80° getrockneten Bodenprobe.

Anders als bei den alkalischen resp. schwach sauren Böden I—VI ist der Kaligehalt aber bei den sauren Böden VII, VIII und IX. Den höchsten Gehalt an aufnehmbarem Kali zeigen hier die lufttrocknen Böden, erheblich geringer ist derselbe sowohl bei den feuchten als auch bei den bei 80 und 120° getrockneten Bodenproben.

Zu erwähnen sind dann noch die Versuche mit dem seit November 1924 lufttrocken stehen gelassenen Boden (Tabelle 4 und 5). Dieser Boden wurde einmal 2 Stunden, eine weitere Probe 16 Stunden bei den verschiedenen Temperaturen getrocknet. um zu erkennen, welchen Einfluß die Dauer der Trocknung auf die „Wurzellöslichkeit" der Nährstoffe ausübt.

Ein Einfluß der Zeit der Trocknung auf die Vergrößerung des Gehaltes an aufnehmbaren Nährstoffen läßt sich aber nicht beobachten. Es erscheint fast so, als ob längere Trocknung eine geringere Phosphorsäureaufnahme aus den Bodenproben bewirkt, doch liegt hier die Differenz innerhalb der Fehlergrenzen. Dagegen erhöht sich der Gehalt an aufnehmbarer Phosphorsäure in den Proben bei Trocknung bei 80° und 120° um ca. 100%, ebenso tritt eine um 5 mg höhere Kaliaufnahme gegenüber der aus dem lufttrockenen Boden ein.

Aehnlich liegen die Verhältnisse bei einem Versuch mit dem Boden II, von dem eine Probe 16 Stunden bei 40°, die andere 64 Stunden bei 40° getrocknet wurde. Um die Existenzmöglichkeit der Bakterien zu erhalten, wurde die letzte Probe während 50 Stunden der Trocknung feucht gehalten. Auch hier bringt die Zeit der Trocknung keine Unterschiede in der Phosphorsäure- und Kaliaufnahme durch die Pflanzen.

Noch ein kleiner Nebenversuch wurde mit dem seit November 1924 lufttrocken stehenden Boden unternommen. Eine Bodenprobe, die 16 Stunden bei 120° getrocknet war, wurde in Neubauerschalen mit Sand gemischt, destilliertes Wasser darauf geträufelt, wie beim Ansetzen und mit 100 g vorschriftsmäßig feuchtem Sand wie üblich bedeckt. Diese mit Glas zugedeckten Neubauerschalen blieben vom 29. I. bis 1. V. 1926, also

3 Monate, stehen. Verdunstetes Wasser — es waren stets nur wenige Tropfen — wurde ca. alle 3 Wochen ersetzt. Am 1. V. wurde auf diesen Proben Roggen eingekeimt, gleichzeitig auf denselben Bodenproben, die mit Sand gemischt auch fest zugedeckt, aber trocken seit dem 29. I. aufbewahrt waren. Ergebnis ist eine geringe, gerade außerhalb des doppelten mittleren Fehlers liegende Steigerung der Phosphorsäureaufnahme durch die Keimlinge aus den 3 Monate feucht gestandenen Bodenproben. Im Gehalt an aufnehmbarer Phosphorsäure war zwischen der sofort am 30. I. bei 120° getrockneten und bis 1. V. trocken aufbewahrten Bodenprobe kein Unterschied. Der Gehalt an aufnehmbarem Kali ist in allen 3 Fällen innerhalb der Fehlergrenzen der gleiche geblieben.

c) Besprechung der Ergebnisse und deren Begründung.

Wie sind diese erheblich höheren Nährstoffaufnahmen der Keimpflanzen aus den getrockneten, insbesondere den bei 80° getrockneten Böden zu erklären?

Ein naheliegender Gedanke ist, daß die durch die Trocknung erfolgende Stimulierung der nitrifizierenden Bakterien einen höheren Bestand an Stickstoff allgemein und Salpeterstickstoff besonders herbeiführt. Auf diese stimulierende Wirkung hat schon Vogel[23]) hingewiesen. Auch Dirks hat weit höhere absolute Mengen an Stickstoff in den Böden nach der Trocknung gefunden als in den feuchten. Da Stickstoff sich auf unseren Böden immer im Minimum befindet, und der Salpeterstickstoff den Keimpflanzen beim Neubauerverfahren und der kurzen Vegetationszeit sofort und restlos zur Verfügung steht, so könnte man annehmen, daß die sich auf den getrockneten Böden infolge des höheren Salpetergehaltes wie auch des Ammoniak-Stickstoffgehaltes überhaupt kräftiger entwickelnden Keimlinge mehr Phosphorsäure und Kali aufschließen können als die schwächeren Pflanzen auf den feuchten Böden. Daß tatsächlich bei höherem Stickstoffgehalt, auch in Form von Ammoniak-Stickstoff, von den Keimlingspflanzen im Neubauer-Verfahren etwas mehr Kali und Phosphorsäure aufgenommen werden, zeigte schon Koerschens[7]) in seiner Arbeit. Die Mehrgaben an Stickstoff bei den Versuchen Koerschens entsprechen einer Gabe von 200 kg reinem Stickstoff je ha oder umgerechnet ca. 5 Zentner schwefelsaurem Ammoniak je $^1/_4$ ha. Bei diesen ungewöhnlich hohen Gaben — eine Steigerung durch Stickstoff in dieser Höhe kommt durch die Stimulierung der Bakterien bei Trocknung natürlich garnicht in Betracht — werden trotzdem nur nachstehende Steigerungen erreicht:

An Phosphorsäure.

	mg m	mg m	mg m	mg m	mg m
Ungedüngt	3,52±0,43	3,26±0,24	2,30±0,35	14,24±0,60	10,24±0,30
$(NH_4)_2SO_4$	+1,54±0,41	+1,42±0,21	+1,27±0,46	+3,12±0,54	+4,05±0,21
$NaNO_3$	+1,05±0,44	+0,31±0,15	+1,29±0,39	+2,13±0,57	+2,56±0,42

An Kali.

Ungedüngt	14,15±0,27	12,13±0,32	11,26±0,31	35,80±0,56	32,92±0,43
$(NH_4)_2SO_4$	+0,79±0,29	+2,48±0,47	+2,67±0,36	+3,26±0,60	+4,35±0,43
$NaNO_3$	+1,08±0,37	+2,34±0,42	+3,10±0,30	+4,93±0,64	+3,00±0,60

Aus vorstehenden Zahlen ersieht man also, daß durch große Mengen zugeführten N kleine Steigerungen in der Nährstoffaufnahme eingetreten sind. Die auf den Böden I bis VI (s. Tabelle 10) durch Trocknung eingetretenen enormen Steigerungen können also mit der durch Trocknung erfolgten Stimulierung der Bakterien aus obigen Zahlen und Ueberlegungen nicht erklärt werden.

Eine weitere Ueberlegung schließt noch diese Möglichkeit der Erklärung aus. Um lebensfähig zu bleiben, brauchen die Bakterien Wasser. Lufttrockener Boden enthält nur noch ca. 2% Wasser, sicher eine für die Lebensbedingungen der Bakterien zu geringe Menge. Eine Erhöhung des Stickstoffgehaltes durch die Bakterienstimulierung und dadurch erhöhte Nährstoffaufnahme der Keimlingswurzeln dürfte mithin nur zwischen den feuchten und den lufttrocknen Böden in Erscheinung treten. Wir sehen aber diese Erhöhung des Nährstoffgehaltes gerade bei den bei 80° getrockneten Proben am deutlichsten. Ein Versuch (s. Tabelle II) ließ den Bakterien dadurch längere Lebensmöglichkeit, daß der Boden 50 Stunden von den 64 Stunden der Trocknung bei 40° feucht gehalten wurde. Eine höhere Nährstoffaufnahme der Keimpflanzen erfolgte aber nicht. Der Boden IV und V, der seit $1^1/_4$ Jahr lufttrocken aufbewahrt wurde und nur $^1/_2$% Wassergehalt aufwies, dessen weitere Trocknung bei 120° aber den Gehalt an aufnehmbarer Phosphorsäure um 100% steigerte, läßt Bakterientätigkeit und deren Stimulierung als Erklärung für die Mehraufnahme der Keimlinge aus den getrockneten Böden gänzlich ausschalten.

Kolloidale Absorption und Adsorption — beide Begriffe sind nach Mitscherlich und Ehrenberg[4]) nicht streng voneinander zu trennen — vermag nun Nährstoffe der Auswaschung zu entziehen. Als Erster glaubte van Bemmelen[1]) 1890 nachgewiesen zu haben, auf Grund seiner Untersuchungen von feuchten und lufttrockenen Moorböden, daß eine kolloidale Festlegung von vornehmlich Phosphorsäure auf feuchten Böden stattfindet; doch glaubte er auch schon, daß noch andere Gründe für größere Löslichkeit der Nährstoffe nach dem Lufttrocknen des Moorbodens mitsprechen müßten. Tacke[21]) und Tacke und Immendorf[22]) fanden dann wieder bei ihren Versuchen, daß luftttrockene Marsch- und Moorböden eine größere Löslichkeit der Nährstoffe zeigen als die frischen Böden. Die lufttrockenen Moorböden nehmen nun, auch wenn man sie längere Zeit wieder mit Wasser durchtränkt, nicht wieder — infolge Irreversibilität der getrockneten

Kolloide — ihre ursprüngliche „gequollene“ Struktur an. Die größere Löslichkeit der Nährstoffe in diesen lufttrockenen Böden erklärte man damit, daß die Nährstoffe bei den frischen Böden kolloidal an den Humuskolloiden festgelegt sind, bei deren Oberflächenverkleinerung durch Trocknen aber frei gegeben würden. Nach Versuchen von König[9]) mit Mineralböden ist eine kolloidale Adsorption aber unwahrscheinlich. Ehrenberg hält eine kolloidale Adsorption selbst für Moorböden nicht für vorliegend.

Kolloidale Oberflächenverkleinerung tritt auch noch bei der Trocknung der Böden von 80 auf 120° ein; eine höhere Nährstoffaufnahme an Phosphorsäure aus den bei 120° getrockneten Böden erfolgt aber nicht.

Zweifellos tritt eine kolloidale Oberflächenbindung ein, die die Nährstoffe der Auswaschung entzieht. In den Untersuchungen der mechanisch ausgepreßten Bodensäfte, wie sie M. v. Wrangell[26]) in einer kürzlich erschienenen Arbeit beschreibt, fehlen also die im Boden kolloidal gebundenen Nährstoffe. Diese können aber unmöglich durch die Oberflächenbindung den Pflanzenwurzeln mit ihrem Auswahlvermögen und ihrer Aufschließungsfähigkeit entzogen werden.

Die höhere Nährstoffaufnahme der Keimlinge aus den getrockneten Böden mit kolloidaler Oberflächenbindung der Nährstoffe in den feuchten Böden zu erklären, ist nach obigen Ueberlegungen nicht angängig. Es muß also ein anderer Hemmungsfaktor vorhanden sein, der bewirkt, daß die Pflanzen aus feuchten Böden weniger Nährstoffe aufnehmen als aus getrockneten Böden.

Interessant sind nun Versuche, die M. v. Wrangell und E. Koch[27]) angestellt haben, um „die Löslichkeitsgesetze in Anwendung auf tertiäre Phosphate“ zu untersuchen. Obwohl Wrangell und Koch in ganz anderer Richtung gearbeitet haben, werden doch die Ergebnisse vorliegender Arbeit durch sie indirekt bestätigt. Wrangell und Koch versuchten Aufschluß über die Fragen zu erhalten, „wieviel Phosphorsäure-Ionen aus schwerlöslichen Phosphaten bei An- und Abwesenheit verschiedener Kalkverbindungen in Lösung zu gehen vermögen, wie Kalkverbindungen auf das gelöste Phosphorsäure-Ion einwirken“, vor allem „in welchem Maße Kalk in verschiedenen Kalkverbindungen Phosphorsäure auszufällen vermag“.

In einer neutralen K-, Na-Phosphatlösung blieben z. B. durch Zugabe von Kalziumhydroxyd $Ca(OH)_2$ als Kalkwasser folgende P_2O_5-Mengen zurück.

Durch Zugabe von CaO im Verhältnis	P_2O_5/1 mg	In Prozent der Gesamt-P_2O_5
P_2O_5 : 0 CaO	31,1 (Anf.-konzentr.)	100
„ : 3 CaO	6,35	20,4
„ : 4 CaO	1,07	3,4
„ : 6 CaO	0,17	0,54
„ : 12 CaO	0,15	0,48
„ : 400 CaO	Spuren	—
+ 1 g Aetzkalk	„	—

Aehnliche Versuche mit PO_4-haltigen Lösungen, die durch Schütteln von Trikalzium- bzw. Magnesiumphosphat in Wasser hergestellt wurden, ergaben folgendes Bild:

Trikalziumphosphat mit Wasser geschüttelt und filtriert.

Bei Zugabe von CaO im Verhältnis	P_2O_5/1 mg	In Prozent der Gesamt P_2O_5
P_2O_5 : 0 CaO	8,4 (Anfangslösung)	100
„ : 3 „	5,65	67
„ : 6 „	0,98	12
P_2O_5 : ca. 1000 CaO (1 g Aetzkalk)	ca. 0,15	ca 0,01

Aehnlich ist die Wirkung des CaO bei durch Magnesiumphosphat bewirkten PO_4-haltigen Lösungen. Ueberall hat CaO, bezw. $Ca(OH)_2$ eine starke Wirkung auf gelöste PO_4-Ionen. Es tritt eine teilweise bzw. völlige Ausfällung der PO_4-Ionen ein.

Vergleichende Versuche mit Kalziumkarbonat ($CaCO_3$) erbrachten folgendes Ergebnis:

	mg P_2O_5/1	Nach Zugabe von 3,3 g $CaCO_3$/1
Ca-Phosphatlösung	7,8	7,5
Mg- „	27	27,4
Mg-Phosphatlösung verdünnt	7,8	7,3

Wir sehen also, wie Kalziumkarbonat keine Einwirkung auf die PO_4-Konzentration innerhalb einer zweitägigen Einwirkungsdauer hervorruft.

Das ist ja auch eine bekannte Erscheinung in der Praxis, daß Gaben von Aetzkalk Phosphorsäure binden bezw. die Phosphorsäure-Ionen der Bodenlösung fällen und unlöslich machen. Von Wrangell und Koch führen noch das Beispiel eines phosphorsäurereichen Bodens (Komposterde) an, dessen Bodenlösung nach 6-tägiger Einwirkungsdauer von Aetzkalk resp. Gaben von kohlensaurem Kalk untersucht wurde. Auch hierbei trat „starke Verarmung der Bodenlösung bei Einwirkung von Aetzkalk“ ein, kohlensaurer Kalk rief keine Konzentrationsänderung hervor. Gaben von Aetzkalk zu dem Boden würden die in Lösung befindlichen Phosphorsäure-Ionen fällen, d. h. die in Boden und Bodenlösung befindliche Phosphorsäure größtenteils unlöslich machen und den Pflanzenwurzeln entziehen. Im Boden vorhandenes Kalziumkarbonat hat, da nur zu 0,036 g je Liter wasserlöslich, nach den Untersuchungen von Wrangell keinen Einfluß

auf die Phosphorsäure-Ionen der Bodenlösung. Diese Phosphorsäure steht den Keimlingen daher wahrscheinlich ungehindert zur Verfügung.

Anders als Kalziumhydroxyd $Ca(OH)_2$ und Kalziumkarbonat $CaCO_3$ verhält sich aber das Kalziumbikarbonat $Ca(HCO_3)_2$, das sich in der Bodenlösung gelöst befindet. Es vermag zwar die PO_4-Ionen im Gegensatz zu $Ca(OH)_2$ nicht oder nicht restlos zu fällen, übt aber infolge seiner Löslichkeit und seiner chemisch-alkalischen Wirkung auf die Permeabilität der Pflanzenwurzel, besonders der empfindlichen Keimwurzel eine ungünstige Wirkung aus, so daß diese nicht in dem Maße Nährstoffe aufzunehmen vermag.

Ist bisher nur von Kalziumkarbonaten und Kalziumbikarbonaten gesprochen, so gelten diese Ausführungen analog auch für alle sonst im Boden vorhandenen Karbonate und Bikarbonate. Sie treten in ihrer Bedeutung und Menge hinter denen des Kalziums zurück und sind daher nicht besonders behandelt. Es muß aber noch ein anderer „Hemmungsfaktor", außer den Bikarbonaten, vorhanden sein. Die Verringerung des Bikarbonatgehaltes um 25% durch Trocknung der Böden bei 80° kann allein unmöglich bewirken, daß um mehr als 100% höhere Phosphorsäureaufnahme eintritt.

Betrachten wir uns die Ergebnisse dieser Arbeit auf sauren Böden, so dem Boden VII und IX, so erscheint es möglich, daß durch die Trocknung auch ein größerer Aufschluß von schwerlöslichen Phosphaten eintritt. Beim Boden VII wird durch Trocknung der Gehalt an pflanzenaufnehmbarer Phosphorsäure von 0,69 mg auf 1,41 mg erhöht. Dagegen bleibt der Kaligehalt mit ca. 10,49 auch bei Trocknung der gleiche. Beim Boden IX erhöht sich der Gehalt an pflanzenaufnehmbarer Phosphorsäure von 4,43 mg auf 7,34 mg und auch hier bleibt der Kaligehalt, auch bei Trocknung der Böden, der gleiche. Nach diesen beiden Ergebnissen wäre es also sehr gut möglich, daß nicht nur der vorerwähnte Hemmungsfaktor, der durch Trocknung vermindert wird, einen Einfluß auf die Aufnehmbarkeit der Nährstoffe ausübt, sondern daß durch die Trocknung ein Aufschluß der schwer löslichen Phosphate erfolgt.

IV. Zusammenfassende Betrachtungen.

Ueberblicken wir rückschauend nun nochmals die Erfahrungen und Versuchsergebnisse dieser Arbeit, so kommen wir zu folgenden Feststellungen.

Das hiesige Institut hat beste Erfahrungen mit übereinstimmenden Ergebnissen von Feldversuch und Neubaueranalyse. Auf Grund der hohen Zahl von Untersuchungen mit seinen mehr als 80% Treffern konnte Professor Dr. Roemer[19]) mit vollem Recht dazu kommen, für die aus dem Institut in die Praxis hinausgehenden Untersuchungsergebnisse „Grenzzahlen" für die einzelnen Feldfrüchte und ihren Bedarf an wurzelaufnehmbaren Nährstoffen anzugeben. Kruppa[8]) setzt mit Unrecht diese „Grenzzahlen"

auch für seine Versuchsergebnisse ein und glaubt sie angreifen zu müssen, da er keine Uebereinstimmung erzielte. Die Grenzzahlen Roemers gelten eben allein für Untersuchungen nach der hier üblichen Methode, die infolge langer Erfahrung kaum höhere mittlere Fehler des Mittels erbringt als ± 0,300 mg für Phosphorsäuren und als ± 0,500 mg für Kali. Sie gelten aber vor allem allein für die mit dem hiesigen frohwüchsigen Saaleroggen angesetzten Versuche, dessen 100 Körner stets mit konstantem Gewicht von 3,800 g resp. 4,200 g für den Versuch ausgesucht werden, um Gehaltsunterschiede der Körner an Phosphorsäure und Kali und infolge verschiedener Triebkraft bewirkte physiologische Unterschiede in der Aufnahme zu vermeiden. Die Grenzzahlen Roemers erheben nicht darauf Anspruch, auch Gültigkeit zu haben für Untersuchungen, die mit anderen Roggensorten, mit geringerem 1000-Korngewicht und mit schwankendem Gewicht der 100 Körner oder schwacher Triebkraft angesetzt werden, und deren Methodik des Versuchs erheblich von der des hiesigen Instituts abweicht und die mit viel zu hohem mittleren Fehler rechnen, wie es bei der Arbeit Kruppas alles summiert ist.

Gleiche in allen Einzelheiten übereinstimmende Versuchsmethodik und — wie schon länger von Roemer angeregt und für Halle und Dresden für 1926/27 durchgeführt — gleiche Roggensorte mit gleichem 100-Korngewicht für alle mit Neubaueranalysen arbeitenden Institute würde den Wert und das Ansehen der Methode heben und es ermöglichen, allgemeingültige Grenzzahlen zu schaffen.

Zu diesen Einzelheiten der Methodik, die allgemein gleich werden müssen, gehört vor allem auch der Zustand, in dem die Bodenproben angesetzt werden.

Wie deutlich aus den Versuchsergebnissen hervorgeht, ist die Menge wurzellöslicher Nährstoffe von dem jeweiligen Trockenzustand des zu untersuchenden Bodens abhängig.

Möglichst frisch, wie es von Neubauer[15]) vorgeschrieben, läßt zu großen Spielraum im H_2O-Gehalt des Bodens und führt zu Schwankungen des Feuchtigkeitsgehalts von 4—12,5% H_2O, wie in der Arbeit Kruppas. Aber gerade das Maß, bis zu dem der Boden getrocknet, übt nach den Versuchen dieser Arbeit weitgehenden Einfluß auf die Nährstoffaufnahme der Keimlingspflanzen aus. Trocknung des Bodens bis zur „Lufttrockene", wie es im hiesigen Institut geübt, die in ihrem H_2O-Bestand um 2% herum schwankt, dürfte keine oder geringere Fehler bewirken.

Hauptergebnis der Arbeit ist aber die Feststellung, daß in den feuchten Böden, besonders den alkalischen, ein „Hemmungsfaktor" vorhanden ist, der die Keimlinge nicht alle zur Verfügung stehenden Mengen an Phosphorsäure und Kali aufnehmen läßt. Dieser Hemmungsfaktor tritt bei Trocknung des Bodens bis zu 80° immer mehr zurück und läßt die Pflanzenwurzel mehr Nährstoffe aus diesen so getrockneten Böden aufnehmen als aus den frischen Böden. Wahrscheinlich wird — wie es auch indirekt

durch die Arbeit von Wrangell und Koch[27]) bestätigt wird — Bikarbonat neben sonstigen alkalischen Bodenbestandteilen ein Teil dieses Hemmungsfaktors sein. Bestätigen Dr. Dirk's weitere Versuche seine Annahme, so wird die Neubauer-Methode wahrscheinlich einen Ausbau erfahren und sich auf Untersuchung der bei 80° getrockneten Böden erstrecken müssen. Aus den hierbei gefundenen Zahlen und den Untersuchungsergebnissen des lufttrockenen Bodens wären dann Rückschlüsse auf die dem Feldbestand zur Verfügung stehenden Nährstoffe zu ziehen.

V. Schlußfolgerungen.

1. Einführung einer in allen Einzelheiten gleichen Methodik der Neubauer-Keimpflanzenmethode in allen mit diesen Analysen beschäftigten Instituten ist erforderlich.

2. Besonders wichtig ist die von Roemer angeregte allgemeine Verwendung von einheitlichen, im Jugendstadium frohwüchsigen Roggens mit feststehendem Hundertkorngewicht von ca. 4,200 g und hoher Keim- und Triebkraft.

3. Die Trocknung der Bodenproben hat Einfluß auf die Aufnehmbarkeit der Pflanzennährstoffe. Die dadurch hervorgerufene Fehlermöglichkeit muß durch Trocknen der Bodenproben bei Zimmertemperatur bis zur Lufttrockenheit verringert werden.

4. Die Trocknung der Böden bei verschiedenen Temperaturen bewirkt, daß die Menge wurzellöslicher Nährstoffe in den bei 80° getrockneten Böden größer ist als in den bei 40° getrockneten Böden. Diese zeigen wieder einen größeren aufnehmbaren Nährstoffgehalt als die lufttrockenen Böden, die wieder einen höheren Gehalt haben als die feuchten Böden.

5. Ein Hemmungsfaktor, von dem wahrscheinlich Bikarbonat ein Teil ist, bewirkt aus frischen Böden die geringere Nährstoffaufnahme und tritt bei Trocknung der Böden immer stärker zurück. Vielleicht wird durch die Trocknung der Bodenproben aber auch noch ein Aufschluß von schwerlöslichen Phosphaten hervorgerufen.

Zum Schlusse dieser Arbeit sei es mir gestattet, meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Roemer für die gegebenen Anregungen und freundlichen Unterstützungen meinen ergebenen Dank auszusprechen. Gleichzeitig danke ich auch Herrn Dr. Dirks für viele freundliche Ratschläge bei der Ausführung dieser Arbeit.

Tabelle 1.

Leichter Boden des Versuchsfeldes des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Halle, Maisklima.
Vorfrucht 1925: Kartoffeln.

Nr. der Gruppe	Bodenmenge, Dauer und Art der Trocknung, H_2O-Gehalt der Probe	von 100 ausges Körn. gekeimt	eingelegten Körn. geerntet	pH-Best. d. Proben ungek.	pH-Best. d. Proben gek.	mg P_2O_5 i. Mittel ± mittl. Fehler	mg K_2O i. Mittel ± mittl. Fehler
I.	111 g, feucht mit 10% H_2O. Nach Sieben sofort mit Sand gemischt und H_2O-Zugabe	97/100	93/98	—	—	11,6085 ± 0,199	52,272 ± 0,246
II.	102,7 g, luftrocken mit 2,65% H_2O	95/100	94 98	7,2	7,3	13,96 ± 0,300	52,550 ± 0,537
III.	102 g, 24 Stunden bei 40° getrocknet, 1,95% H_2O	96/100	94/98	7,2	6,8	18,35 ± 0,120	61,272 ± 0,246
IV.	101,5 g, 16 Stunden bei 80° getrocknet, 1,46% H_2O	92/98	97/99	6,8	6,8	20,517 ± 0,266	61,30 ± 0,210
V.	100 g $2^1/_2$ Stunden bei 115° getrocknet, — H_2O	94/100	93/100	6,5	6,5	18,68 ± 0,153	62,336 ± 0,370

Tabelle 2.

Mittlerer Boden des Versuchsfeldes des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Halle.
Vorfrucht 1925: Gründüngung.

I.	111 g, feucht, mit 9,93% H_2O. Nach Sieben sofort mit Sand gemischt und H_2O-Zugabe	99/100	97/100	—	—	4,99 ± 0,167	16,13 ± 0,237
II.	101,7 g, luftrocken, mit 1,55% H_2O	96/100	96/100	6,6	6,7	6,6 ± 0,214	17,83 ± 0,221
IIIa.	102,5 g, 16 Stunden bei 40° getrocknet, mit 2,34% H_2O	96/100	94/99	6,6	6,6	7,50 ± 0,160	20,63 ± 0,282
IIIb.	101,7 g, 64 Stunden bei 40° getrocknet, davon 50 Stunden feucht gehalten, mit 0,65% H_2O	96/100	96/98	6,6	6,6	7,795 ± 0,122	19,33 ± 0,222
IV.	101 g, 16 Stunden bei 80° getrocknet, mit 0,65% H_2O	96/100	96/98	6,6	6,6	9,303 ± 0,253	19,51 ± 0,266
V.	100 g, $2^1/_2$ Stunden bei 115° getrocknet, — H_2O	98/100	97/99	6,5	6,5	7,444 ± 0,148	20,55 ± 0,260

Tabelle 3.

Schwerer, kalter Tonboden aus Passendorf bei Halle, Gartenland.

Nr. der Gruppe	Bodenmenge, Dauer und Art der Trocknung, H_2O-Gehalt der Probe	von 100 ausges. Körn. gekeimt	eingelegten Körn. geerntet	pH-Best. d. Proben ungek.	pH-Best. d. Proben gek.	mg P_2O_5 i. Mittel ± mittl. Fehler	mg K_2O i. Mittel ± mittl. Fehler
I.	114 g, feucht mit 13% H_2O. Nach Sieben sofort mit Sand gemischt und H_2O-Zugabe	98/100	97/98	—	—	9,83 ± 0,181	56,09 ± 0,289
II.	102 g, lufttrocken, mit 1,80% H_2O	93/99	92/100	7,2	7,5	10,11 ± 0,199	58,43 ± 0,267
III.	102 g, 90 Stunden bei 40° getrocknet, mit 1,7% H_2O	94/98	97/100	7,0	7,6	11,51 ± 0,261	59,66 ± 0,290
IV.	101 g, 20 Stunden bei 80° getrocknet, mit 0,95% H_2O	96/100	95/98	7,1	7,5	13,29 ± 0,234	59,22 ± 0,268
V.	100 g, 16 Std. bei 115° getr., — H_2O	96/99	96/98	7,1	7,2	13,49 ± 0,221	59,65 ± 0,327

Tabelle 4 und 5.

Leichter Boden, ungedüngte Parzelle des ewigen Roggenbaus des Versuchsfeldes, Probenahme November 1924, seitdem lufttrocken im Laboratorium aufbewahrt.

II.	101,5 g, lufttrocken, mit 1,2% H_2O	96/100	96/100	6,5	6,8	2,78 ± 0,202	11,49 ± 0,247
IIIa.	101,0 g, 2 Stunden bei 40° getrocknet, mit 0,9% H_2O	97/99	96/98	6,5	6,7	3,32 ± 0,241	11,02 ± 0,324
IIIb.	100,5 g, 16 Stunden bei 40° getrocknet, mit 0,5% H_2O	96/99	93/97	6,5	6,7	4,16 ± 0,206	11,38 ± 0,340
VIa.	100,3 g, 2 Stunden bei 80° getrocknet, mit 0,3% H_2O	98/100	92/97	6,5	6,6	5,27 ± 0,289	11,67 ± 0,347
VIb.	100,2 g, 16 Stunden bei 80° getrocknet, mit 0,2% H_2O	96/100	92/100	6,4	6,6	5,11 ± 0,316	12,84 ± 0,268
Va.	100 g, 2 Std. bei 115° getr., — H_2O	97/99	94/99	6,4	6,6	5,69 ± 0,209	16,63 ± 0,284
Vb.	100 g, 16 Std. bei 115° getr., — H_2O	98/100	95/98	6,4	6,6	5,43 ± 0,214	16,89 ± 0,323
VIa.	100 g, 16 Std. bei 115° getr., — H_2O Am 29. I. fertig mit Sand und 25 ccm H_2O angesetzt, eingekeimt am 1. V.	94/98	95/98	6,4	6,6	6,26 ± 0,149	16,52 ± 0,226
VIb.	derselbe Boden wie VIa, bis 1. V. trocken aufbewahrt	94/100	95/99	6,4	6,6	5,46 ± 0,153	15,99 ± 0,235

Tabelle 6.

Schwerer Bördeboden aus der Saatzuchtwirtschaft Bethge & Oelze, Schackensleben, Bez. Magdeburg.
Vorfrucht 1925: Kartoffeln.

Nr. der Gruppe	Bodenmenge, Dauer und Art der Trocknung, H_2O-Gehalt der Probe	von 100 ausges. Körn. gekeimt	eingelegten Körn. geerntet	pH.-Best. d. Proben ungek.	pH.-Best. d. Proben gek.	mg P_2O_5 i. Mittel ± mittl. Fehler	mg K_2O i. Mittel ± mittl. Fehler
I.	111 g, feucht, mit 10% H_2O. Nach Sieben sofort mit Sand gemischt und H_2O-Zugabe	96/100	96/101	—	—	5,39 ± 0,140	31,33 ± 0,356
II.	102,5 g, lufttrocken, mit 2,2% H_2O	93/99	96/99	7,5	7,6	6,52 ± 0,109	35,17 ± 0,255
III.	101,5 g, 80 Stunden bei 40° getrocknet, mit 1,4% H_2O	95/97	92/99	7,3	7,5	9,01 ± 0,190	39,85 ± 0,227
IV.	101 g, 20 Stunden bei 80° getrocknet, mit 0,9% H_2O	94/97	95/100	7,4	7,5	9,42 ± 0,113	41,98 ± 0,325
V.	100 g, 16 Stunden bei 115° getrocknet, — H_2O	96/99	93/98	7,3	7,3	9,21 ± 0,152	41,76 ± 0,211

Tabelle 7.

Leichtester Sandboden vom Rittergut Möser bei Magdeburg.
Vorfrucht 1925: Kartoffeln.

I.	111 g, feucht, mit 10% H_2O. Nach dem Sieben sofort mit Sand gemischt und H_2O-Zugabe	94/100	95/100	—	—	5,39 ± 0,167	10,49 ± 0,300
II.	102 g, lufttrocken, mit 1,8% H_2O	94/99	94/98	4,5	4,5	− 0,25 ± 0,162	13,39 ± 0,248
III.	101,2 g, 24 Stunden bei 40° getrocknet, mit 1% H_2O	95/100	95/99	4,5	4,5	0,07 ± 0,168	11,05 ± 0,202
IV.	101 g, 16 Stunden bei 80° getrocknet, mit 1% H_2O	96/100	95/99	4,5	4,5	1,41 ± 0,203	10,85 ± 0,297
V.	100 g, 3 Stunden bei 115° getrocknet, — H_2O	96/98	97/100	4,5	4,5	1,27 ± 0,131	10,35 ± 0,290

Tabelle 8.

Schwerster schlesischer Lehmboden aus Hermsdorf (Katzbach).
Vorfrucht 1925: Kartoffeln.

Nr. der Gruppe	Bodenmenge, Dauer und Art der Trocknung, H_2O-Gehalt der Probe	von 100 ausges. Körn. gekeimt	eingelegten Körn. geerntet	pH-Best. d. Proben ungek.	pH-Best. d. Proben gek.	mg P_2O_5 i. Mittel ± mittl. Fehler	mg K_2O i. Mittel ± mittl Fehler
I.	112 g, feucht, mit 11% H_2O. Nach dem Sieben sofort mit Sand gemischt und H_2O-Zugabe	98/100	97/100	—	—	2,54 ± 0,193	37,60 ± 0,356
II.	102,5 g, lufttrocken, mit 2,4% H_2O	96/100	94/99	5,1	5,9	3,59 ± 0,156	40,29 ± 0,223
III.	101,5 g, 60 Stunden bei 40° getrocknet, mit 1,5% H_2O	96/100	95/98	5,1	5,9	3,93 ± 0,173	39,96 ± 0,272
IV.	101 g, 24 Stunden bei 80° getrocknet, mit 0,9% H_2O	96/100	94/99	5,1	5,5	3,99 ± 0,093	37,08 ± 0,243
V.	100 g, 16 Stunden bei 115° getrocknet, — H_2O	95/100	96/99	5,1	5,4	3,71 ± 0,167	39,13 ± 0,377

Tabelle 9.

Märkischer Sandboden (humos) aus der Versuchswirtschaft für Schweinefütterung in Ruhlsdorf (Kr. Teltow).
Vorfrucht 1925: Kartoffeln.

I.	112 g, feucht, mit 11,8% H_2O. Nach Sieben sofort mit Sand gemischt und H_2O-Zugabe	95/100	93/98	—	—	4,43 ± 0,124	15,25 ± 0,285
II.	102 g, lufttrocken, mit 1,8% H_2O	98/99	94/97	4,7	4,7	4,81 ± 0,128	17,96 ± 0,276
III.	101,5 g, 18 Stunden bei 40° getrocknet, mit 1,4% H_2O	95/100	95/98	4,5	4,5	6,28 ± 0,163	17,35 ± 0,336
IV.	100,5 g, 5 Stunden bei 80° getrocknet, mit 0,5% H_2O	95/100	95/99	4,6	4,5	7,34 ± 0,111	16,20 ± 0,225
V.	100 g, 3 Stunden bei 115° getrocknet, — H_2O	97/99	96/98	4,6	4,6	6,34 ± 0,100	16,43 ± 0,438

Tabelle 10.

Absolute Steigerung resp. Minderung der Nährstoffaufnahme gegenüber „lufttrocken“ in mg P_2O_5 und K_2O.

Nr.	Boden	Phosphorsäure					Kali				
		feucht	luft-trocken	40°	80°	115°	feucht	luft-trocken	40°	80°	115°
1.	Leichter Boden Versuchsfeld Maisklima	− 2,36 ± 0,249	13,96 ± 0,300	+ 4,39 ± 0,21	+ 6,56 ± 0,283	+ 5,72 ± 0,226	− 1,28 ± 0,395	53,55 ± 0,537	+ 7,72 ± 0,391	+ 7,76 ± 0,373	+ 8,79 ± 0,453
2.	Mittlerer Boden Versuchsfeld	− 1,07 ± 0,191	6,6 ± 0,214	+ 1,44 ± 0,187	+ 1,735 ± 0,168	+ 1,384 ± 0,181	− 1,70 ± 0,229	17,83 ± 0,221	+ 2,80 ± 0,252	+ 1,68 ± 0,244	+ 2,72 ± 0,241
3.	Schwerer Boden Passendorf	− 0,28 ± 0,190	10,11 ± 0,190	+ 1,40 ± 0,23	+ 3,18 ± 0,217	+ 3,38 ± 0,21	− 2,34 ± 0,278	58,43 ± 0,267	+ 1,23 ± 0,279	+ 0,79 ± 0,268	+ 1,22 ± 0,297
4.	Leichter Boden Versuchsfeld 1924 2 Stunden behandelt	—	2,78 ± 0,202	+ 0,54 ± 0,222	+ 2,49 ± 0,286	+ 2,91 ± 0,291	—	11,49 ± 0,247	− 0,37 ± 0,286	+ 0,18 ± 0,297	+ 5,14 ± 0,266
5.	derselbe 16 Stunden behandelt	—	2,78 ± 0,202	+ 1,38 ± 0,204	+ 2,33 ± 0,259	+ 2,65 ± 0,208	—	11,49 ± 0,247	− 0,09 ± 0,294	+ 1,35 ± 0,258	+ 5,40 ± 0,285
6.	Börde-Boden Schackensleben	− 1,13 ± 0,125	6,52 ± 0,109	+ 2,49 ± 0,109	+ 2,90 ± 0,150	+ 2,69 ± 0,111	− 3,84 ± 0,306	35,17 ± 0,255	+ 4,68 ± 0,241	+ 6,81 ± 0,290	+ 6,59 ± 0,233
7.	Leichter Boden Möser	+ 0,94 ± 0,165	− 0,25 ± 0,162	+ 0,32 ± 0,165	+ 1,66 ± 0,183	+ 1,52 ± 0,183	− 2,90 ± 0,274	13,39 ± 0,248	− 1,34 ± 0,225	− 2,54 ± 0,273	− 3,04 ± 0,269
8.	Schwerster Boden Hermsdorf (Katzbach)	− 1,05 ± 0,175	3,59 ± 0,156	+ 0,34 ± 0,165	+ 0,40 ± 0,125	0,12 ± 0,162	− 2,69 ± 0,290	40,29 ± 0,223	− 0,33 ± 0,248	− 3,21 ± 0,233	− 1,16 ± 0,300
9.	Leichter Boden Ruhlsdorf Mark Brandenburg	− 0,38 ± 0,126	4,81 ± 0,281	+ 1,47 ± 0,146	+ 2,53 ± 0,120	+ 1,53 ± 0,120	− 2,71 ± 0,281	17,96 ± 0,276	− 0,61 ± 0,306	− 1,76 ± 0,251	− 1,53 ± 0,357

Tabelle 11.

Kolorimetrische pH-Bestimmung der Böden nach der verschiedenartigen Trocknung.

Nr. des Bodens	Boden	Art der Trocknung	ungekochter KCl-Auszug	gekochter KCl-Auszug	
I.	Leichter Boden Versuchsfeld, Maisklima	lufttrocken	7,2	7,3	
		40°	7,2	6,8	
		60°	6,8	6,8	
		80°	6,8	6,8	
		110°	6,6	6,6	
		120°	6,5	6,5	
II.	Mittlerer Boden Versuchsfeld	lufttrocken	6,6	6,7	
		40°	6,6	6,8	
		80°	6,5	6,6	
		120°	6,5	6,5	
III.	Schwerer Boden Passendorf	lufttrocken	7,2	7,5	
		40°	7,0	7,6	
		80°	7,1	7,5	
		120°	7,0	7,2	
IV. u. V.	Leichter Boden Versuchsfeld, früher Roggenbau — Probe vom November 1924	lufttrocken	6,5	6,8	
		2 Std. 40°	6,5	6,7	
		16 „ 40°	6,5	6,7	
		2 „ 80°	6,5	6,6	
		16 „ 80°	6,4	6,6	
		2 „ 120°	6,4	6,6	
		16 „ 120°	6,4	6,6	
VI.	Bördeboden aus Schackensleben	lufttrocken	7,5	7,6	
		40°	7,3	7,5	
		80°	7,4	7,5	ph-Zahl offensichtlich noch unter 4,5 pH.
		120°	7,3	7,3	
VII.	Leichter Boden aus Möser bei Magdeburg	lufttrocken	4,5	4,5	
		40°	4,5	4,5	
		80°	4,5	4,5	
		120°	4,5	4,5	
VIII.	Schwerer Boden Hermsdorf (Katzbach)	lufttrocken	5,1	5,9	
		40°	5,1	5,9	
		80°	5,1	5,5	
		120°	5,1	5,4	
IX.	Märkischer Sand Versuchswirtschaft Ruhlsdorf (Krs. Teltow)	lufttrocken	4,7	4,7	
		40°	4,5	4,5	
		80°	4,6	4,5	
		120°	4,6	4,6	

Literaturverzeichnis.

Bemmelen, van: Die Zusammensetzung des Meeresschlicks in den neuen Aluvien des Zuidersees (Niederlande). Landwirtsch. Versuchsst. 41, 1890, S. 239.

[2]) Christensen: Ueber die Bestimmung von Kalium in Erde und Düngemitteln. Landw. Versuchsst. 97, 1921, S. 27.

[3]) Dirks: Wesen und Bedeutung der physiologischen Bodenreaktion. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung VII A, 1926, S. 318.

[4]) Ehrenberg: Die Bodenkolloide, 2. Aufl. Dresden u. Leipzig, Th. Steinkopf, 1918.

[5]) Engels u. Hirschberger: Beiträge zur Feststellung des Nährstoffgehalts der Böden nach dem Neubauerschen Verf. Landw. Jahrbücher 60, 1924, S. 379.

[6]) Hauschild: Neubauer-Untersuchungen in der Zuckerfabrik Tessin. Zuckerrübenbau VIII. 1926.

[7]) Koerschens: Der Einfluß verschiedener Stickstoffdüngemittel und des kohlensauren Kalkes auf die Ausnützung der Bodenphosphorsäure und des Bodenkalis, untersucht nach der Keimpflanzenmethode von Neubauer. Inaug.-Dissert. Halle 1926.

[8]) Kruppa: Eine Studie über das Bodenuntersuchungsverfahren nach Prof. Neubauer, Dresden. Mitteil. aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Schles. Friedr.-Wilh.-Univ. Breslau. Zeitschr. f. Pfl.-Ern. u. Düng. VII A, 1926, S. 73.

[9]) König: Bestimmung der Fruchtbarkeit und des Nährstoffbedürfnisses des Ackerbodens. Landw. Versuchsstat. 41, 1905, S. 390.

[10]) v. Lorenz: Phosphorsäurebestimmung in Dünger, Boden und Asche des Ammoniumphosphormolybdats. Landw. Versuchsstat. 55, 1901, S. 183.

[11]) Derselbe: Zeitschr. f. analyt. Chemie 51, 1912.

[12]) Mitscherlich: Bodenkunde, 4. Aufl. Berlin, Parey 1923.

[13]) Derselbe: Ein Beitrag zur Düngemittel- und Bodenanalyse. Landw. Versuchsstat. 39, 1910, S. 322.

[14]) Neubauer: Ueber die Bestimmung der leichtlöslichen Bodenphosphorsäure. Mitteilungen der D. L. G. 41, 1926, S. 368 u. 589.

[15]) Derselbe: Betriebswirtschaftl. Grenzen der Kunstdüngeranwendung; Ergebnisse von Bodenuntersuchungen. Mitteilungen der D.W.G.40, 1925, S. 189.

[16]) Neubauer und Schneider: Die Nährstoffaufnahme der Keimpflanzen und ihre Anwendung auf die Bestimmung des Nährstoffgehalts des Bodens. Zeitschr. f. Pfl.-Ern. u. Düng. II A, 1923, S. 329.

[17]) Opitz und Benade: Erfahrungen mit der Keimpflanzenuntersuchung nach Neubauer zur Feststellung des Nährstoffgehaltes der Ackerböden. Festschr. z. 70. Geburtstag von Wilh. Edler, Berlin 1925.

[18]) Roemer: Der Feldversuch. 2. Aufl. Berlin, Deutsche Landw. Ges. 1925.

[19]) Derselbe: Vortrag über Erfahrungen mit Neubaueranalysen auf der Tagung der Ringleiter in Halle, März 1926. Mitteil. der D. L. G. 41, 1926, S. 318.

[20]) Roemer, Dirks und Günther: Die Neubaueranalyse im Vergleich zu Felddüngungsversuchen. Illustr. Landw. Zeit. 1924, S. 17.

[21]) Tacke: Vegetationsvers. d. Moorversuchsstat. Bremen. Mitteilungen d. D. L. G. 1902, S. 99 u. 101.

[22]) Tacke und Immendorf: Untersuchungen über die Phosphorverbindungen des Moorbodens. Landw. Jahrb. 27, 1898, S. 303.

[23]) Vogel: Mitteil. des Kaiser-Wilhelm-Instituts Bromberg. I, S. 167; II, S. 389, III, S. 390.

[24]) Wießmann: Ztschr. f. Pflz.-Ernährung und Düngung. II A, 1923, S. 1; VI B, 1925, S. 153.

[25]) v. Wrangell und Meyer: Untersuchungen über den wurzellöslichen Anteil der Bodenphosphorsäure. Landw. Jahrbücher 63, 1926, S. 739.

[26]) v. Wrangell und Haase: Ueber den Phosphorsäuregehalt natürlicher Bodenlösungen. Landw. Jahrbücher 63, 1926, S. 707.

[27]) v. Wrangell und Koch: Die Löslichkeitsgesetze in ihrer Anwendung auf tertiäre Phosphate. Landw. Jahrbücher 63, 1926, S. 677.

[28]) Zöller, W.: Formeln und Tabellen zur Errechnung des mittleren Fehlers. Berlin, O. Schlegel, 1926.

Lebenslauf.

Ich, Paul Hauschild, wurde am 4. Oktober 1897 in Magdeburg als Sohn des Lehrers Wilhelm und seiner Ehefrau Anna geb. Koch, geboren.

Ich besuchte das Königliche Domgymnasium und das Reform-Realgymnasium in Magdeburg, trat 1914 mit Oberprimareife kriegsfreiwillig ins Heer und legte im Juni 1918 vor dem Provinzialschul-Kollegium Kassel in Lille, Nordfrankreich, meine Abiturientenprüfung ab. Ich bin Reserveoffizier des 3. Garderegiments zu Fuß (2. Garde-Reserve-Regiment).

Vom 1. Januar 1919 bis 30. September 1920 war ich zunächst unter Herrn v. Plehwe, Dwarischken b. Pillkallen, Ostpreußen, dann unter Herrn v. Veltheim, Rittergut Neklade b. Bergen a. Rügen, in der Landwirtschaft tätig. Ich studierte vom 15. Oktober 1920 bis 28. Februar 1921 in München an der Technischen Hochschule Landwirtschaft, vom 15. April 1921 ab in Halle. — Vom 1. März 1922 bis 31. Oktober 1922 war ich Saatzuchtleiter bei der Firma Bethge & Oelze, Schackensleben, und legte meine Prüfung als Diplom-Landwirt im November 1923 in Halle ab. Vom 1. Januar 1924 bis 31. Oktober 1925 war ich als Versuchsringleiter in Mecklenburg tätig und ging dann zwecks Promotion nach Halle a. S. September/Oktober 1926 war ich in Gießhof (Oderbruch) auf der Fräsen-Abteilung der Siemens-Schuckert-Werke und bin seit dem 1. Januar 1927 Leiter der Landwirtschaftlichen Beratungsstelle der Deutschen Superphosphat Industrie für Brandenburg und Grenzmark in Berlin.